TP 2 : Electrocinétique

Résonance du circuit RLC série

I- Introduction :

Le phénomène de résonance électrique se produit dans un circuit électrique à une fréquence de résonance donnée où la partie imaginaire de l'impédance des éléments de circuit s'annulent. De nombreux systèmes électriques et électroniques fonctionnent grâce à des circuits résonants, un exemple plus familier est la radio.

II-Objectifs du TP :

Le but de ce TP est :

- L'étude expérimentale du phénomène de résonance d'un circuit RLC, pour cela on étudie la résonance du circuit RLC en intensité.
- La mise en évidence des grandeurs caractérisant le circuit RLC résonant (la pulsation à la résonance, la fréquence de résonance, la sélectivité …) et les calculer.

III- Manipulation :

Le circuit R.L.C série à étudier est constitué un générateur délivrant une tension alternative sinusoïdale (Um=3.2V) de fréquence f, une résistance R = 200 Ω, L'inductance L=50m H et un condensateur de capacité C=0.3µF montage de la figure5

III-1. Etude du courant dans le circuit RLC série :

III-1.1 Partie théorique :

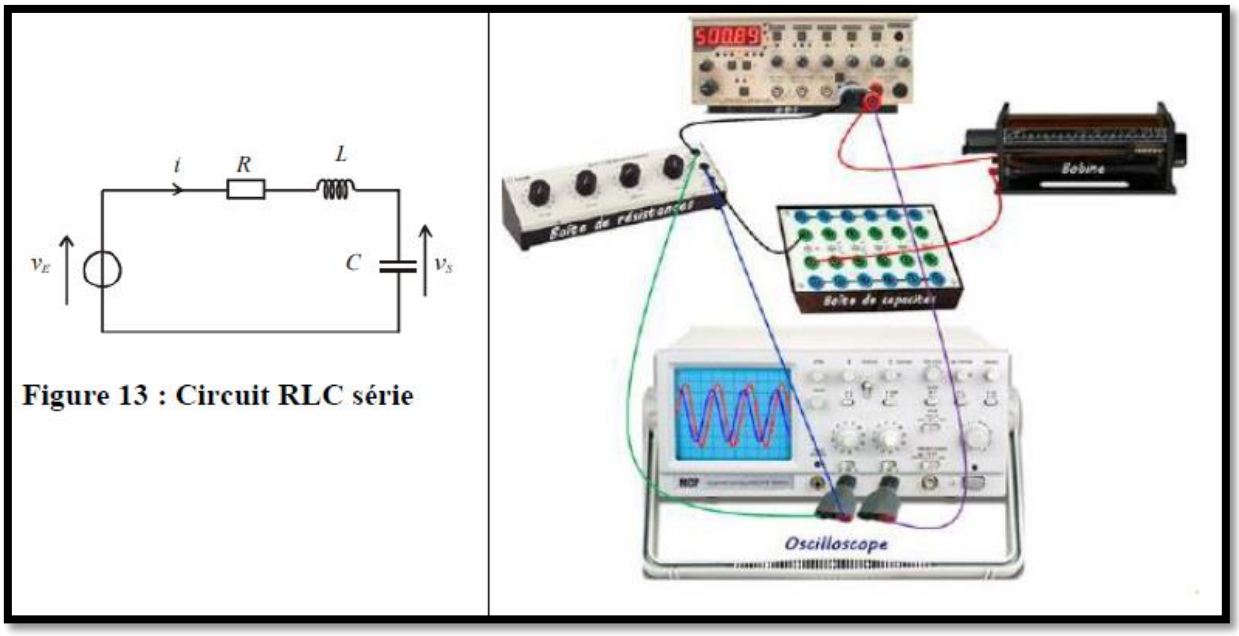


Figure 13 : Circuit RLC série

On Fixe la tension de sortie du générateur à la valeur Um=3.2Volts

1) Calcul de $(\omega 0)th$: la valeur théorique de la pulsation à la résonance.

On sait que : $\omega_0 th = \frac{1}{\sqrt{Lc}}$

A. N : $\omega_0 th = \frac{1}{\sqrt{Lc}} = \frac{1}{\sqrt{50*10^{-3}*0.3*10^{-6}}}$ $D'où$ $\omega_0 th = 8164.966\ rad/s$

- Calcul de $(\Delta\omega 0)th$ sachant que $\Delta L/L = 1\%$ et $\Delta C/C = 1\%$.

On a: $\Delta\omega_0 th = |\frac{\partial\omega_0}{\partial L}|\Delta L + |\frac{\partial\omega_0}{\partial C}|\Delta C$

$$= \left|\frac{\partial\frac{1}{\sqrt{LC}}}{\partial L}\right|\Delta L + \left|\frac{\partial\frac{1}{\sqrt{LC}}}{\partial C}\right|\Delta C$$

Après on dérive la première expression par rapport à L et la deuxième par rapport à C, on obtient :

$$\Delta\omega_0 = \left|\frac{\partial\omega 0}{\partial c}\right| \Delta L + \left|\frac{\partial\omega 0}{\partial L}\right| \Delta C$$

$$= \left|\frac{\partial(\frac{1}{\sqrt{LC}})}{\partial c}\right| \Delta L + \left|\frac{\partial\frac{1}{\sqrt{LC}}}{\partial L}\right| \Delta C$$

$$= \left|\frac{1}{\sqrt{C}} \times \frac{\frac{-1}{2\sqrt{L}}}{L}\right| \Delta L + \left|\frac{1}{\sqrt{L}} \times \frac{\frac{-1}{2\sqrt{C}}}{C}\right| \Delta c$$

$$= \left|-\frac{1}{2\sqrt{CL}}\right| \times \frac{\Delta L}{L} + \left|-\frac{1}{2\sqrt{LC}}\right| \times \frac{\Delta C}{C}$$

$$= \frac{1}{2\sqrt{LC}}\left(\frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta C}{C}\right)$$

$$= \frac{\omega 0}{2}\left(\frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta C}{C}\right)$$

$$\Delta\omega_0 th = \frac{1}{2\sqrt{LC}} * \left(\frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta C}{C}\right) = \frac{8164.966}{2} * \left(\frac{1}{100} + \frac{1}{100}\right)$$

$$\Delta\omega_0 th = 81.6496\ rad/s$$

$$\omega_0 = 8164.966 \pm 81.6496\ rad/s$$

2) La fréquence de résonance théorique f_0:

On sait que : $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{50.10^{-3}\times 0.3\times 10^{-6}}} \rightarrow f_0 = 1299.5\ Hz$

➢ L'incertitude sur f_0:

Pour ceci nous allons tout d'abord accéder à l'incertitude relative qui consiste à utiliser la différentielle logarithmique.

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi}\left(L^{-1/2}C^{-1/2}\right)$$

$$\ln(f_0) = \ln\left(\frac{1}{2\pi}\right) - \frac{1}{2}(\ln(L) + \ln(C))$$

Ce qui donne en différenciant :

$$\frac{df_0}{f_0} = -\frac{1}{2}\left(\frac{dL}{L} + \frac{dC}{C}\right)$$

$$\frac{\Delta f_0}{f_0} = \frac{1}{2}\left(\frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta C}{C}\right)$$

$$\Delta f_0 = \frac{f_0}{2}\left(\frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta C}{C}\right)$$

Application numérique

$$\Delta f_0 = 12.99Hz$$

$$f_0 = 1299.5 \pm 12.99\text{Hz}$$

3) La sélectivité ou le facteur de qualité Q :

$$\text{Q} = \frac{1}{RC\omega_0} = \frac{1}{200 \times 0.3 \times 10^{-6} \times 8164.97} \quad \rightarrow \quad Q = 2.04$$

III-1.2 Partie de simulation : 1) Réaliser le montage :

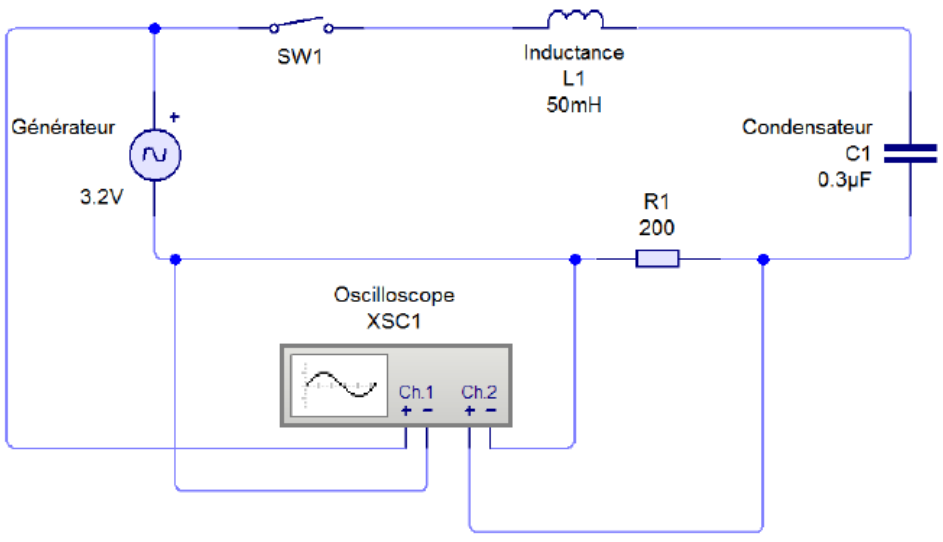
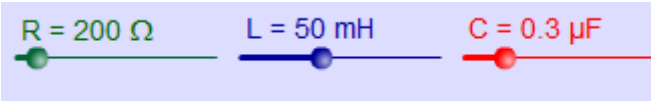
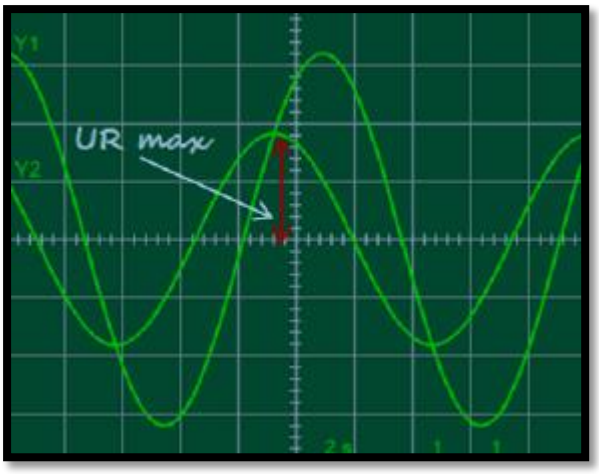


Figure 5 : Montage du circuit RLC

On réalise le montage ci-après, en réglant les valeurs sur ceci : (Voir fig. suivante)



Faire varier la fréquence f de 0.5 KHz a 2.2KHz, et relever l'amplitude *Im* de courant d'intensité i(t) et de la déphase φ (déphase du courant $i(t)$ par rapport à la tension $u(t)$) en fonction de la fréquence.



Ur max à partir de la courbe ci-après.

- ✓ I max exp : $\frac{U\text{r max}}{R}$ avec R = 200Ω
- ✓ I max th : $\frac{U\text{m}}{Z}$ avec Um=3.2V

ET:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

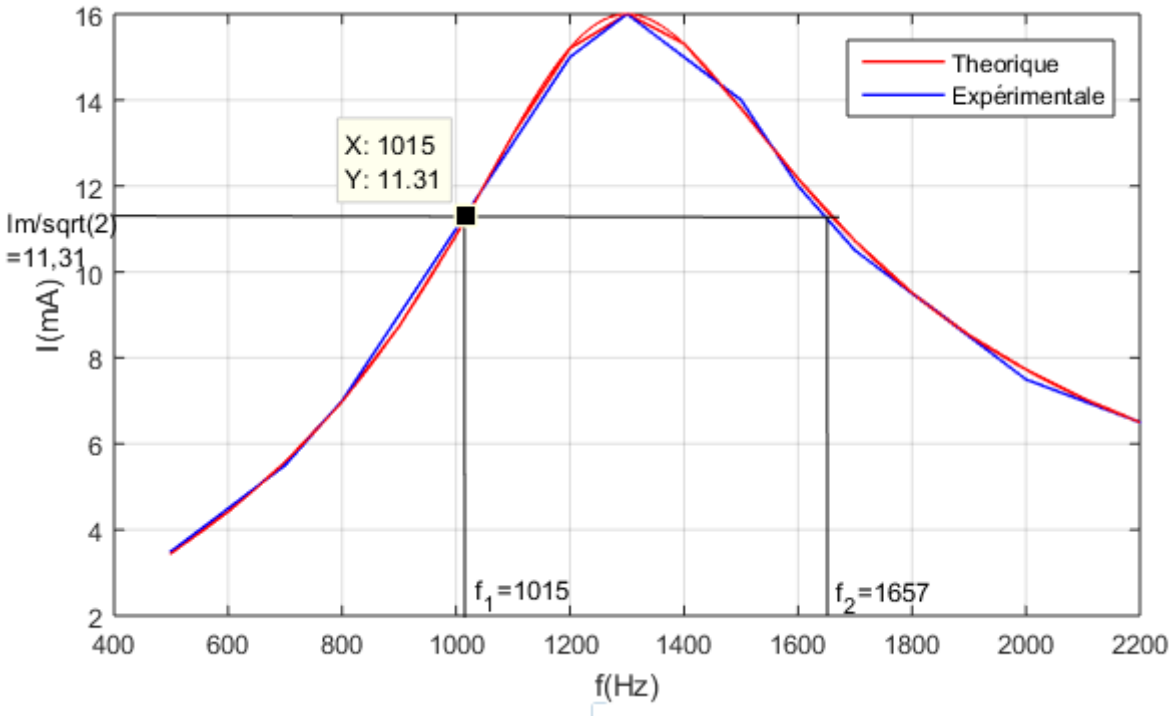
Puis on remplace ω par $2\pi f$.

2) Remplir le tableau :

La fréquence f(KHz)	**0.5**	**0.6**	**0.7**	**0.8**	**0.9**	**1**	**1.1**	**1.2**	**1.3**
UR max	0.7000	0.9000	1.1000	1.4000	1.8000	2.2000	2.6000	3.0000	3.2000
Im th (mA)	3.4542	4.4175	5.5710	6.9834	8.7304	10.8493	13.1960	15.2049	16.0000
Im exp (mA)	3.50	4.50	5.50	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	16.00

La fréquence f(KHz)	**1.4**	**1.5**	**1.6**	**1.7**	**1.8**	**1.9**	**2**	**2.1**	**2.2**
UR max	3.0000	2.8000	2.4000	2.1000	1.9000	1.7000	1.5000	1.4000	1.3000
Im th (mA)	15.3153	13.8061	12.1712	10.7207	9.5164	8.5329	7.7275	7.0614	6.5038
Im exp (mA)	15.00	14.00	12.00	10.50	9.50	8.50	7.50	7.00	6.50

2-b.Tracer l'amplitude Im expérimental de l'intensité en fonction de f :



2-d. Remplir le tableau suivant, sachons que i(t) et uR (t) sont en phase :

La fréquence f (KHz)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3
φ_{Theo} (rad)	1.3532	1.2911	1.2152	1.1191	0.9936	0.8257	0.6010	0.3166	0.0005
φ_{exp} (rad)	1.3188	1.2710	1.2211	1.0794	1.0276	0.8290	0.5582	0.4486	0.0033

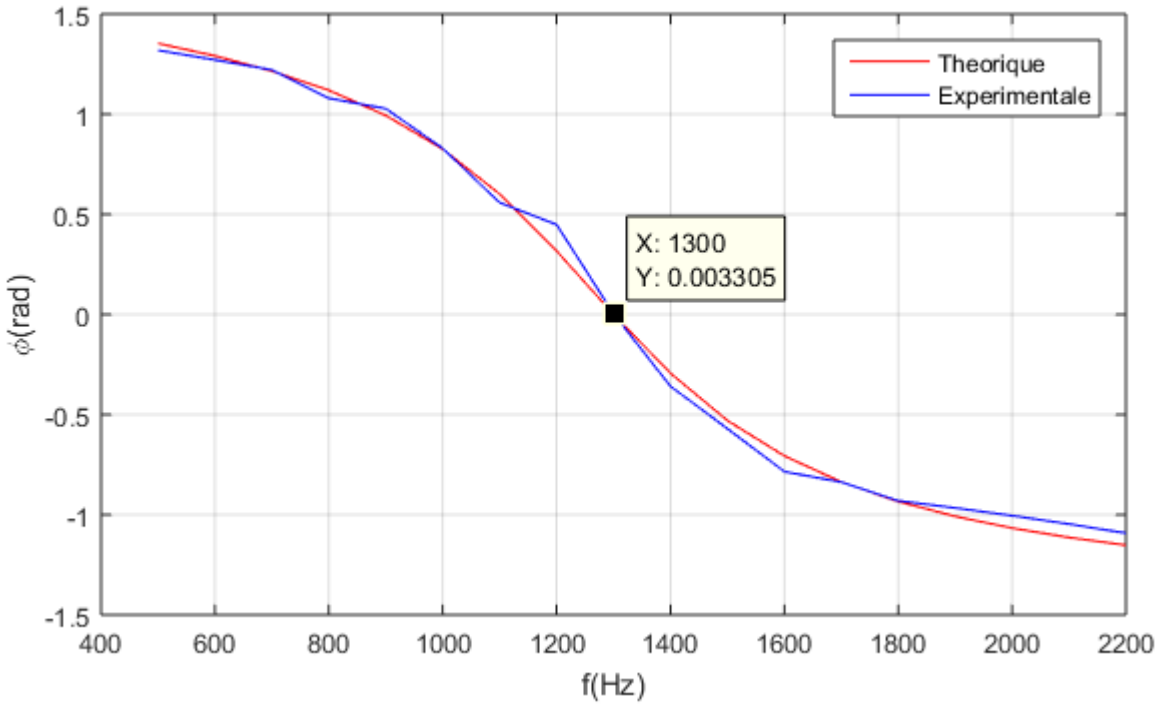
La fréquence f (KHz)	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2
φ_{Theo} (rad)	-0.293	-0.529	-0.706	-0.836	-0.933	-1.008	-1.066	-1.113	-1.152
φ_{exp} (rad)	-0.358	-0.570	-0.785	-0.837	-0.930	-0.966	-1.004	-1.046	-1.092

- Pour calculer φth nous allons utiliser la relation :

$$\varphi th = -\text{Arctan}\left(\frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}\right)$$

- Pour trouver φexp, j'ai choisi la méthode directe : $\varphi_{exp} = \frac{2\pi\Delta t}{T}$

2-d .Tracer φexp expérimental et φth théorique en fonction de f.



3. En déduire la fréquence de résonance Fo du circuit RLC série.

D'après le tableau précédent, pour f_0=1300 Hz on a φexp=0

D'où f_0=1300Hz

4. Calculer le facteur de qualité Q du circuit RLC série

On a : $Q = \frac{1}{RC\omega_0} = \frac{1}{2\pi f_0 RC} = 2.45 \times 10^{-3}$

5. Calculer la bande passante ΔW

On a : $\Delta\omega theo = \frac{R}{L} = \frac{200}{50.10^{-3}} = 4000$

$$\Delta\omega exp = 2\pi(f_2 - f_1) = 4033{,}80$$

Conclusion :

Dans ce TP on a bien comprendre comment traite un problème de RLC en utilisant tous ce qu'on a voir dans le cours (la partie théorique) et aussi en utilisant application flash comme la partie pratique.

On a calculé la valeur de la pulsation théorique ainsi de la fréquence et l'incertitude sur celles-ci. On a connait la notion du facteur de qualité et enfin on a relevé l'amplitude de courant d'intensité et du déphasage pour qu'on puisse tracer leurs courbes.